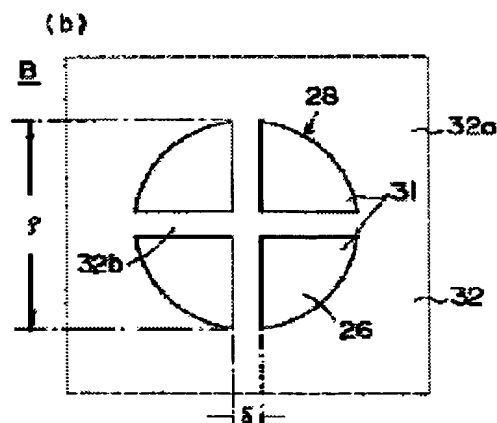
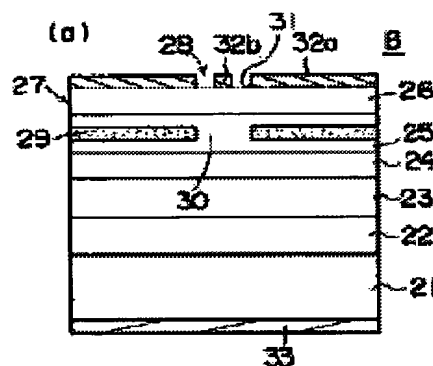


Patent number: JP7176787
Publication date: 1995-07-14
Inventor: YANAGASE MASASHI; IMAMOTO HIROSHI
Applicant: OMRON TATEISI ELECTRONICS CO
Classification:
- international: H01L33/00; H01L31/12; H04B10/28; H04B10/02
- european:
Application number: JP19940060330 19940304
Priority number(s): JP19940060330 19940304; JP19930289934 19931025

 EP0650202 (A)

Abstract of corresponding document: **EP0650202**

A semiconductor luminous element is a surface-emitting type element with a microscope luminous region and has a constricted current path, which is formed so that the current flows only in the region directly below a window (28). The window (28) is formed in the center of a p-electrode (32). The p-electrode includes a segment (32a), which surrounds the window, and a segment (32b) of thin bands of electrode which traverse the window in the form of a cross, dividing it into four equal regions. As a result, there is no drop in luminous output in the center of the window (28), and the total luminous output is enhanced.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-176787

(43) 公開日 平成7年(1995)7月14日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00	A			
31/12	A	7210-4M		
H 0 4 B 10/28				
10/02				
		9372-5K	H 0 4 B 9/ 00	W
			審査請求 未請求	請求項の数26 F D (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平6-60330

(22) 出願日 平成6年(1994)3月4日

(31) 優先権主張番号 特願平5-289934

(32) 優先日 平5(1993)10月25日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 柳ヶ瀬 雅司

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

(72) 発明者 今本 浩史

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

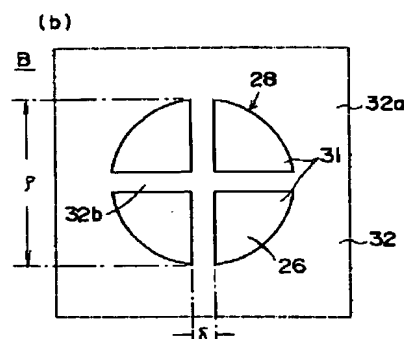
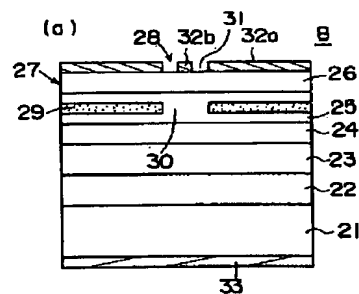
(74) 代理人 弁理士 中野 雅房

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子、発光装置、光結合装置、光学検知装置、光学的情報処理装置、投光器及び光ファイバモジュール

(57) 【要約】

【構成】 光取り出し窓28の真下の領域にのみ電流通路領域30を形成された電流狭窄構造を有する微小発光径の表面射出型半導体発光素子Aにおいて、p側電極32の中央部に光取り出し窓28を開口する。p側電極32は、光取り出し窓28の周囲の電極部分32aと、光取り出し窓28を均等に細分化するように光取り出し窓28内に橋渡しされた十文字状の電極部分32bとからなる。

【効果】 光取り出し窓の中心部における光出力の落ち込みをなくし、全光出力を向上させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面出射型半導体発光素子において、光取り出し窓に部分的に電極を設けたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面出射型半導体発光素子において、光取り出し窓をほぼ均等に細分化するように光取り出し窓に電極を橋渡ししたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 3】 発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面出射型半導体発光素子において、光取り出し窓を、光取り出し窓よりも小さな面積の複数個のドット光取り出し口によって構成したことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 4】 光取り出し窓の直下にのみ前記電流が流れるように電流通路領域を形成し、電流狭窄構造としたことを特徴とする請求項 1、2 又は 3 に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 光取り出し窓の周囲の電極直下には前記電流が流れず、光取り出し窓の直下にのみ前記電流が流れる電流狭窄構造をイオン打ち込み法により半導体チップ内に形成したことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 光取り出し窓の周囲の電極直下には前記電流が流れず、光取り出し窓の直下にのみ前記電流が流れる電流狭窄構造を拡散法により半導体チップ内に形成したことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 半導体チップの光取り出し窓の周囲下方をエッチングによって除去し、光取り出し窓の直下にのみ電流が流れる電流狭窄構造を形成したことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記半導体チップが、発光層の光取り出し窓と反対側に屈折率が発光層よりも小さなヘテロ接合からなる多層膜を有することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6 又は 7 に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記多層膜を構成する各薄膜の膜厚 d を $d = \lambda_0 / (4n)$

但し、 λ_0 は発光波長、 n は各薄膜の屈折率としたことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 前記多層膜を構成する各薄膜の膜厚 d を $d < \lambda_0 / (4n)$

但し、 λ_0 は発光波長、 n は各薄膜の屈折率としたことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体発光素子。

【請求項 11】 前記多層膜が、 $d \leq \lambda_0 / (4n)$

但し、 λ_0 は発光波長、 n は各薄膜の屈折率の膜厚 d の複数種類の薄膜を有する光波干渉型反射層からなることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体発光素子。

【請求項 12】 発光層の一部にのみ電流を注入して発光させるための電流通路領域を半導体チップ内に形成して電流狭窄構造とし、当該電流通路領域を通じて発光層へ電流を注入するための電極を半導体チップの表面に設けた表面出射型半導体発光素子において、前記半導体チップ表面の光出射領域内に部分的に前記電極が形成され、光出射領域外に前記電極の形成されていない領域が存在していることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 13】 前記半導体チップ表面の前記電極が、前記光出射領域外から光出射領域の中央部に向けて延びた少なくとも 1 本の電極パターンによって形成されていることを特徴とする請求項 12 に記載の半導体発光素子。

【請求項 14】 前記半導体チップ表面に位置する光出射領域のほぼ中心部分には前記電極が存在していないことを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の半導体発光素子。

【請求項 15】 前記光出射領域が前記電極によって分割されていないことを特徴とする請求項 12、13 又は 14 に記載の半導体発光素子。

【請求項 16】 前記電流狭窄構造がイオン打ち込み法によって形成されていることを特徴とする請求項 12、13、14 又は 15 に記載の半導体発光素子。

【請求項 17】 前記電流通路領域を不純物拡散法によって形成することによって電流狭窄構造を構成したことを特徴とする請求項 12、13、14 又は 15 に記載の半導体発光素子。

【請求項 18】 半導体チップの光出射領域の周囲下方をエッチングによって除去し、光出射領域の直下にのみ電流が流れる電流狭窄構造を形成したことを特徴とする請求項 12、13、14 又は 15 に記載の半導体発光素子。

【請求項 19】 前記半導体チップが、発光層の光取り出し側と反対側に反射多層膜を有することを特徴とする請求項 12、13、14、15、16、17 又は 18 に記載の半導体発光素子。

【請求項 20】 前記反射多層膜を構成する各薄膜が、複数種類の膜厚から構成されていることを特徴とする請求項 19 に記載の半導体発光素子。

【請求項 21】 請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19 又は 20 に記載の半導体発光素子を光

源として用いたことを特徴とする発光装置。

【請求項22】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19又は20に記載の半導体発光素子を光源として用いたことを特徴とする投光器。

【請求項23】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19又は20に記載の半導体発光素子を光源として用いたことを特徴とする光結合装置。

【請求項24】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19又は20に記載の半導体発光素子を光源として用いたことを特徴とする光学検知装置。

【請求項25】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19又は20に記載の半導体発光素子を光源として用いたことを特徴とする光学的情報処理装置。

【請求項26】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19又は20に記載の半導体発光素子を光源として用いたことを特徴とする光ファイバモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信または光情報処理等の分野で重要である高出力、微小発光面積の表面射出型（面発光型）半導体発光素子に関する。さらに、当該半導体発光素子を用いた発光装置、光結合装置、光学検知装置、光学的情報処理装置、投光器及び光ファイバモジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】図1(a)(b)は微小発光面積の面発光型半導体発光素子の従来例を示す断面図及び一部破断した拡大平面図である。この半導体発光素子Aにあっては、n-半導体基板1の上にn-下クラッド層2、p-活性層3、p-第1上クラッド層4、p-第2上クラッド層5、p-キャップ層6を順次エピタキシャル成長させた後、第2上クラッド層5内に一部領域を除いてn型イオンを注入して導電型の反転層7を形成し、反転層7の形成されていない部分を電流通路領域8としている。さらに、キャップ層6の上面にp側電極9を形成し、p側電極9に電流通路領域8と対向させて光取り出し窓10を開口し、半導体基板1の下面にn側電極11を形成している。

【0003】しかして、p側電極9とn側電極11間に電圧を印加すると、反転層7の下面と第2上クラッド層5との界面が逆バイアスとなるので、反転層7に囲まれた電流通路領域8にのみ電流が流れ、活性層3の電流通路領域8と対向する領域にのみ電流が注入されて発光する。すなわち、電流狭窄構造の半導体発光素子Aが構成

されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図1(a)(b)のような構造の半導体発光素子Aにあっては、キャップ層6とp側電極9の間ではp側電極9の内周部にのみ電流が集中しているため、例えば発光径が50 μ mの場合、光取り出し窓10の中央部では周囲に比べて90%近く光出力が落ち込み、リング発光となっていた。

【0005】また、発光強度分布が光取り出し窓10の外側のp側電極9直下に集中するため、活性層3で発光した光がp側電極9の下面で反射され、効率良く光を取り出せなかった。特に、電流通路領域の形成されている発光領域が比較的大きくなった場合や、注入した電流の広がり小さい半導体材料系の場合などには、発光領域の中央部への電流の供給が十分にできないため、発光に寄与できず、発光効率が低く、光出力の高効率化の点で改善の必要があった。

【0006】本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、光取り出し窓の中央部における電流注入量を増加させて光出力の低下をなくし、微小な発光面積ながら、外部量子効率が高い半導体発光素子を実現することにある。さらに、その半導体発光素子を光源に用いて高分解能な発光装置、光結合装置、光学検知装置、光学的情報処理装置、投光器及び光ファイバモジュールを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の半導体発光素子は、発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面射出型半導体発光素子において、光取り出し窓に部分的に電極を設けたことを特徴としている。

【0008】本発明の第2の半導体発光素子は、発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面射出型半導体発光素子において、光取り出し窓をほぼ均等に細分化するように光取り出し窓に電極を橋渡ししたことを特徴としている。

【0009】本発明の第3の半導体発光素子は、発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面射出型半導体発光素子において、光取り出し窓を、光取り出し窓よりも小さな面積の複数のドット光取り出し口によって構成したことを特徴としている。

【0010】上記各半導体発光素子においては、光取り出し窓の直下にのみ前記電流が流れるようにしてもよい。そのためには、例えば、光取り出し窓の周囲の電極直下には前記電流が流れず、光取り出し窓の直下にのみ

前記電流が流れる電流狭窄構造をイオン打ち込み法により半導体チップ内に形成すればよい。あるいは、イオン打ち込み法に代えて拡散法により電流狭窄構造を形成してもよい。あるいは、半導体チップの光取り出し窓の周囲下方をエッチングによって除去して電流狭窄構造を形成してもよい。

【0011】さらに、上記半導体発光素子においては、半導体チップが、発光層の光取り出し窓と反対側に屈折率が発光層よりも小さなヘテロ接合からなる多層膜とを有していてもよい。この多層膜は、例えば、発光波長を λ_0 、屈折率を n とすると、膜厚 d が $d = \lambda_0 / (4n)$ の薄膜からなるものである。あるいは、膜厚 $d < \lambda_0 / (4n)$ の薄膜からなるものでもよい。あるいは、膜厚 $d \leq \lambda_0 / (4n)$ の複数種類の薄膜を有する光波干渉型反射層からなる多層膜でもよい。

【0012】本発明の第4の半導体発光素子は、発光層の一部にのみ電流を注入して発光させるための電流通路領域を半導体チップ内に形成して電流狭窄構造とし、当該電流通路領域を通じて発光層へ電流を注入するための電極を半導体チップの表面に設けた表面出射型半導体発光素子において、前記半導体チップ表面の光出射領域内に部分的に前記電極が形成され、光出射領域外に前記電極の形成されていない領域が存在していることを特徴としている。

【0013】この半導体発光素子においては、前記半導体チップ表面の前記電極が、前記光出射領域外から光出射領域の中央部に向けて延びた少なくとも1本の電極パターンによって形成されていてもよい。また、前記半導体チップ表面に位置する光出射領域のほぼ中心部分には前記電極が存在していなくてもよい。あるいは、前記光出射領域が前記電極によって分割されていないようにすることもできる。

【0014】また、上記第4の半導体発光素子においては、前記電流狭窄構造をイオン打ち込み法によって形成してもよく、前記電流通路領域を不純物拡散法によって形成することによって電流狭窄構造を構成してもよい。さらに、半導体チップの光出射領域の周囲下方をエッチングによって除去し、光出射領域の直下にのみ電流が流れる電流狭窄構造を形成してもよい。

【0015】また、第4の半導体発光素子においては、前記半導体チップが、発光層の光取り出し側と反対側に反射多層膜を有していてもよい。その場合、反射多層膜を構成する各薄膜が、複数種類の膜厚から構成されていてもよい。

【0016】また、上記半導体発光素子は、発光装置や投光器、光結合装置、光学校知装置や光学的情報処理装置、光ファイバモジュールの光源として用いることができる。

【0017】

【作用】本発明の第1～第3の半導体発光素子にあって

は、微小発光径の表面出射型半導体発光素子、特に電流狭窄構造を有する半導体発光素子において、光取り出し窓に部分的に電極を設けたり、光取り出し窓に電極を橋渡ししたり、光取り出し窓を複数個のドット光取り出し口によって構成したりしているので、光取り出し窓の周囲の電極からだけでなく、光取り出し窓の電極からも発光層へ電流を注入することができる。従って、発光層の光取り出し窓と対向する領域で均一に発光させることができ、光取り出し窓の中央付近においても光出力の落ち込みがなく、均一な発光パターンが得られ、発光効率が向上する。

【0018】また、発光層の光取り出し窓と反対側に発光波長の $1 / (4n)$ の膜厚の薄膜からなる多層膜を形成しておけば、発光層から光出射窓と反対側へ出射された光を多層膜で反射させて光取り出し窓から外部へ取り出すことができ、発光効率をより向上させることができる。

【0019】さらに、発光層の光取り出し窓と反対側に発光波長の $1 / (4n)$ よりも薄い膜厚の薄膜を含む多層膜を形成すれば、発光層から光出射窓と反対側へ斜め方向に出射された光も多層膜で反射させることができ、この反射光を光取り出し窓から外部へ取り出して発光効率をより向上させることができる。

【0020】また、本発明の第4の半導体発光素子においては、電流狭窄構造を有する半導体発光素子において、前記半導体チップ表面の光出射領域内に部分的に前記電極が形成されているから、光出射領域内の電極から発光層へ隈無く均一に電流を注入させることができ、光出射領域の中央付近においても光出力の落ち込みがなく、均一な発光パターンが得られ、発光効率が向上する。また、電極の形状によっては、発光効率が高くなるばかりでなく、最大光出力も高くなる。しかも、光出射領域外に前記電極の形成されていない領域が存在しているから、光出射領域の外周部からの注入電流を少なくすることができ、それだけ光出射領域内の電極からの注入電流量が増加する。従って、光出射領域における発光効率が向上すると共に最大光出力が大きくなり、リング発光も解消することができる。このためには、例えば、光出射領域外から光出射領域の中央部に向けて延びた少なくとも1本の電極パターンによって電極を形成すればよい。

【0021】また、光出射領域のほぼ中心部分に電極が存在しないようにすれば、光出射領域の中心部において出射光が電極によって遮られず、中央部における発光強度の落込みを防止することができる。

【0022】さらに、光出射領域が電極によって分割されないようにすれば、当該電極をリフトオフ法で作製する場合でも電極膜の不要部分の除去を容易に行なえ、電極の作製を容易にできる。

【0023】また、発光層の光取り出し側と反対側に反

射多層膜を設ければ、発光層から光出射側と反対側へ出射された光を反射多層膜で反射させることにより、光出射領域から外部へ出射される光量を増加させることにより外部量子効率を向上させることができる。

【0024】また、上記半導体発光素子は、発光装置や投光器、光結合装置、光学検知装置や光学的情報処理装置、光ファイバモジュールの光源として用いることにより、これらを高分解能化することができる。

【0025】

【実施例】図2(a)(b)は本発明の一実施例による半導体発光素子Bの構造を示す断面図及び一部破断した拡大平面図である。この半導体発光素子Bを製造手順に沿って説明すると、まず、 n -GaAs基板21の上に $1\mu\text{m}$ 厚の n -AlGaInP下クラッド層22、 $1\mu\text{m}$ 厚の p -GaInP活性層(発光層)23、 $0.5\mu\text{m}$ 厚の p -AlGaInP第1上クラッド層24、 p -AlGaAs第2上クラッド層25、 $0.2\mu\text{m}$ 厚の p -GaAsキャップ層26を順次エピタキシャル成長させて半導体チップ27を形成する。ついで、キャップ層26の上面の光取り出し窓28を形成しようとする領域をAZレジスト被膜(図示せず)によって覆い、AZレジスト被膜をマスクとして半導体チップ27に n 型イオンを打ち込む。このとき、第2上クラッド層25内にイオン打ち込み領域の上端及び下端がくるように n 型イオンを打ち込む。これによって、第2上クラッド層25内に n 型の反転層(イオン打ち込み領域)29が形成され、第2上クラッド層25内の反転層29が形成されていない部分が電流通路領域30となる。このとき、 n 型イオンの注入深さは第2上クラッド層25と第1上クラッド層24との境界面に達しない深さとする。その後、前記AZレジスト被膜を除去し、キャップ層26上面に光取り出し窓28の開口31のパターンと一致するようにAZレジスト被膜(図示せず)を新たに形成し、その上から電極金属を蒸着させ、リフトオフ法によって p 側電極32を形成する。こうして電流通路領域30と対向させて光取り出し窓28が形成され、 p 側電極32は図2(b)に示すように光取り出し窓28の外側に位置する(反転層29と対応する)電極部分32aと光取り出し窓28内にあって光取り出し窓28を均等に分割するように十文字状に橋渡された電極部分32bとから構成されている。また、GaAs基板21の下面には n 側電極33を形成する。

【0026】しかして、 p 側電極32と n 側電極33間に電圧を印加すると、反転層29の下面と第2上クラッド層25との間の p - n 接合面が逆バイアスとなるので、 p 側電極32から注入された電流は反転層29に囲まれた電流通路領域30にのみ流れ、活性層23の電流通路領域30と対応する領域にのみ電流が注入されて発光し、活性層23で発光した光は光取り出し窓28の開口31から外部へ出射される。すなわち、電流狭窄構造の

半導体発光素子Bが構成されている。しかも、注入される電流は、光取り出し窓28の外側の電極部分32aの内周縁だけでなく、光取り出し窓28内の電極部分32bからも活性層23へ注入されるので、光取り出し窓28の中央部における光出力の落ち込みをなくすることができ、半導体発光素子Bの発光効率を向上させることができる。

【0027】図3(a)は図1(b)のような直径 $\phi=50\mu\text{m}$ の円形開口の光取り出し窓28を有する従来の半導体発光素子Aの注入電流 I_i と光出力 P との関係を示す図である。図3(b)は図2(b)のように直径 $\phi=50\mu\text{m}$ の光取り出し窓28内に幅 $\delta=4\mu\text{m}$ の十文字状の電極部分32bを設けた当該実施例による半導体発光素子Bの注入電流 I_i と光出力 P との関係を示す図である。図3(a)及び(b)を比較すると、本実施例の半導体発光素子Bでは、従来例の半導体発光素子Aに比較して光出力 P が80%増加し、また光出力飽和電流 I_{s0} が増加していることが分かる。

【0028】なお、図2の実施例では、イオン打ち込みによって電流を遮断させるための反転層29を形成したが、拡散法によって形成してもよい。また、反転層29の上面は第2上クラッド層25内に位置しているが、これはキャップ層26内やキャップ層26の上面に位置していても差し支えない。

【0029】光取り出し窓28内に設ける電極部分32bのパターンは図2(b)のようなパターンに限らず、任意のパターンが可能である。例えば、図4(a)~(f)はその一部の例を示す図である。図4(a)は光取り出し窓28内に平行に複数本の電極パターンを橋渡しして電極部分32bを形成したものである。図4

(b)は周囲の電極部分32aの内周から光取り出し窓28内に電極パターンを突出させるようにして電極部分32bを設けたものである。図4(c)は環状の電極パターンと直線状の電極パターンとを組合せて電極部分32bを形成したものである。図4(d)は井ゲタ状の電極パターンによって電極部分32bを形成したものである。図4(e)は多数の小さなドット光取り出し窓34の集合によって光取り出し窓28を構成したものである。図4(f)は螺旋状の電極パターンによって電極部分32bを形成したものである。これらのパターンからなる電極部分によっても図2の半導体発光素子Bと同様な効果を得ることができる。

【0030】図5は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子Cを示す断面図である。この実施例にあっては、図2の場合と同様にして結晶成長により半導体チップ27(GaAs基板21~キャップ層26)を得た後、光取り出し窓28を除く領域において半導体チップ27のキャップ層26から下クラッド層22の一部に至る領域をエッチングして光取り出し窓28の下にメサ部35を形成し、メサ部35の外周面から下クラッド層2

2の上面にわたる領域にSiO₂などの絶縁膜36を形成し、絶縁膜36の上からメサ部35の外周面にp側電極32を形成すると共にp側電極32をキャップ層26の上面外周に接触させている。これによってキャップ層26の上面に光取り出し窓28が形成されると共に図2(b)又は図4(a)～(f)等のパターンの電極部分32bが光取り出し窓28内に形成されている。

【0031】この実施例にあっても、電流通路領域が光取り出し窓28の下メサ部35にのみ限定される電流狭窄構造となっており、電流は光取り出し窓28の周囲の電極部分32aと光取り出し窓28内の電極部分32bとから活性層23に注入されるので、光取り出し窓28の中央における光出力の落ち込みをなくすことができ、半導体発光素子Cの光取り出し効率を向上させ、全光出力向上に有効である。

【0032】図6は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子Dを示す断面図である。この半導体発光素子Dにあつては、まず、MBE法やMOCVD法などを用いることにより、n-GaAs基板41の上に、Al_{0.1}Ga_{0.9}As層42及びAlAs層43を交互に30ベア積層して多層反射膜層〔分布ブラッグ反射鏡(DBR)膜〕44を形成し、さらにその上に1μm厚のn-Al_{0.45}Ga_{0.55}As下クラッド層45、1μm厚のp-Al_{0.05}Ga_{0.95}As活性層46、0.5μm厚のp-Al_{0.45}Ga_{0.55}As上クラッド層47、n-AlGaAs電流ブロック層48、0.2μm厚のp-GaAsキャップ層49を順次エピタキシャル成長させる。

【0033】なお、多層反射膜層44を構成するAlGaAs層42は、屈折率がn₁で、その膜厚が発光波長λ₀(=850nm)より50nm短い波長(800nm)の1/(4n₁)となっている。また、AlAs層43は、屈折率がn₂で、その膜厚が同じ波長(800nm)の1/(4n₂)となっている。なお、ここでは30ベアからなるAlGaAs層42/AlAs層43としたが、多層反射膜層44の組成やベア数は特に限定されるものではない。

【0034】この後、キャップ層49の上面の光取り出し窓28となる領域(例えば、キャップ層49の中央部の直径50μmの領域)にZnを拡散させ、キャップ層49の上面から電流ブロック層48を貫通させて電流ブロック層48と上クラッド層47との界面より下までp型の電流通路領域50を形成する。ついで、キャップ層49上面に光取り出し窓28の開口31のパターンと一致するようにAZレジスト被膜(図示せず)を形成し、その上から電極金属を蒸着させ、リフトオフ法によってp側電極32を形成する。こうして電流通路領域50と対応させて光取り出し窓28が形成され、p側電極32は光取り出し窓28の外側に位置する電極部分32aと例えば図2(b)又は図4(a)～(f)のようなパターンの光取り出し窓28内の電極部分32bとから構成

される。また、GaAs基板41の下面にはn側電極33を形成する。

【0035】しかして、p側電極32とn側電極33間に電圧を印加すると、電流ブロック層48の下面と上クラッド層47との間のpn接合面が逆バイアスとなるので、電流ブロック層48の領域には電流が流れない。これに対して、電流通路領域(拡散領域)50では電流ブロック層48の導電型がp型に反転しているので、p側電極32から注入された電流は電流通路領域50にのみ流れ、活性層46の電流通路領域50と対応する領域にのみ電流が注入されて発光し、活性層46で発光した光は光取り出し窓28の開口31から外部へ出射される。すなわち、電流狭窄構造の半導体発光素子Dが構成されている。しかも、注入される電流は、光取り出し窓28の外側の電極部分32aの内周縁だけでなく、光取り出し窓28内の電極部分32bからも活性層46へ注入されるので、光取り出し窓28の中央部における光出力の落ち込みをなくすことができ、半導体発光素子Dの発光効率を向上させることができる。

【0036】さらに、この実施例の多層反射膜層44のピーク反射率は垂直入射の場合800nmであるが、入射角20°の場合には、多層反射膜層44の膜厚が見掛け上厚くなり、ピーク反射率をもつ波長は発光波長と同じ850nmとなる。つまり、斜め入射したときに反射率が高くなる構造となっている。これによって、活性層46から下方へ出射した光のうち多層反射膜層44へ斜めに入射する成分は多層反射膜層44で効率よく反射され、光取り出し窓28から外部へ出射され、光取り出し効率が向上する。

【0037】多層反射膜層44を構成するAlGaAs層42の膜厚を発光波長λ₀(=850nm)の1/(4n₁)とし、AlAs層43の膜厚を発光波長λ₀の1/(4n₂)としてもよい。その場合には、活性層46からGaAs基板41側へ出射された光のうち多層反射膜層44へ垂直に入射する成分が多層反射膜層44で効率よく反射され、光取り出し窓28から外部へ出射される。

【0038】また、多層反射膜層44は次のように構成してもよい。例えば中心波長770nmの1/(4n₁)の膜厚のAlGaAs層42及び中心波長770nmの1/(4n₂)の膜厚のAlAs層43を10ベアと、中心波長810nmの1/(4n₁)の膜厚のAlGaAs層42及び中心波長810nmの1/(4n₂)の膜厚のAlAs層43を10ベアと、中心波長850nmの1/(4n₁)の膜厚のAlGaAs層42及び中心波長850nmの1/(4n₂)の膜厚のAlAs層43を10ベアとを順次積層して計30ベアからなる複数の中心波長を有する多層反射膜層44を構成することができる。この多層反射膜層44を用いた場合の反射スペクトルを図7に示す。発光波長λ₀(=850

nm)より短い広い波長範囲で高い反射率を有しており、活性層46からGaAs基板41側へ出射され、多層反射膜層44へさまざまな角度で入射する光を効率よく反射させることができ、光取り出し効率を一層向上させることができる。

【0039】図8(a)(b)は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子Qを示す断面図及び平面図である。この半導体発光素子Qは以下のようにして作製されている。すなわち、半導体基板151の上に下クラッド層152、光を発光させる活性層153、上クラッド層154、キャップ層155を順次エピタキシャル成長させた後、その上に電流狭窄のための絶縁層156を形成し、絶縁層156に光出射領域157となる開口をあける。ついで、この半導体チップ150の上面に電極パッド158及び表面電極159を形成する。電極パッド158は絶縁層156の上に形成されており、電極パッド158から延出されている2本の帯状電極159aを光出射領域157のキャップ層155上面を通過させると共に十文字状に交差させて表面電極159を形成している。また、半導体基板151の下面には裏面電極160を形成する。表面及び裏面電極159、160を形成した後、光出射領域157内に露出しているキャップ層155をエッチング除去し、上クラッド層154を露出させる。

【0040】しかし、この半導体発光素子Qにおいては、光出射領域157以外の領域では絶縁層156によって絶縁されているため、光出射領域157を通してのみ電流を注入できる電流狭窄構造となっており、活性層153へは光出射領域157と対応して形成された電流通路領域161を通じて電流が注入され、電流通路領域161と対応する発光領域162で発光する。しかも、注入電流は光出射領域157内に橋渡しされた表面電極159から活性層153へ注入されるので、光出射領域157の中央部における光出力の落ち込みをなくすることができ、半導体発光素子Qの発光効率を向上させることができる。さらに、これまでの実施例と異なり、光出射領域157周囲の大部分には表面電極159が存在していないので、光出射領域157の周辺領域からの電流注入が極めて少なくなり、それだけ光出射領域157の中心部に電流を集中させることができ、中心部の電流注入量を増加させることができる。このため、発光領域162の全体に限無く電流を注入してリング発光を無くすることができ、しかもより微小発光径化することができ、発光効率を向上させることができる。

【0041】図9(a)はこの半導体発光素子Qの光出射領域157近傍における近視野像(黒点密度が大きい領域ほど暗い;以下同じ)を示す図、図9(b)(c)は図9(a)のX1-X1線及びY1-Y1線に沿った発光強度分布を示す図である。この発光パターンは、微視的には電極パターンのためにクロス状の発光パターン

となっているが、外周部よりも中央部で輝度が高くて明るくなっており、リング発光が解消し、微小発光径化されている。

【0042】これに対し、図10(a)(b)に示すように、キャップ層155及び絶縁層156に光出射領域157を開口し、絶縁層156の上面全面に設けた表面電極163を光出射領域157の内周部でキャップ層155に接触させた従来構造の半導体発光素子Rでは、光出射領域157の周縁からの注入電流が支配的となる。このため、この従来の半導体発光素子Rでは光出射領域157の近傍における発光パターンは図11(a)のようになる。また、図11(a)のX2-X2線及びY2-Y2線に沿った発光強度分布は図11(b)(c)のようになる。すなわち、従来の半導体発光素子Rでは、中央部の発光強度が弱く、リング状の発光パターンとなっている。

【0043】光学装置に应用する場合、近視野像は発光面内で均一か、あるいは中央部ほど発光強度が強いことが望まれるので、図8の本発明による半導体発光素子Qの発光パターンと図10の従来例による半導体発光素子Rの発光パターンとを比較すると、本発明の半導体発光素子Qのほうが装置応用上有利である。なお、半導体発光装置では、表面電極159で隠れた部分からは光が放射されないことが問題となるが、表面電極159の幅を狭くすれば、それほど問題となることはない。さらに、AlGaInP系発光ダイオードについて発光効率をモデル計算したところ、発光径50 μ m、電極幅4 μ mの場合では、従来の半導体発光素子Rに比較して本発明の半導体発光素子Qでは85%の発光効率の増加が見込まれた。この計算結果は、実験結果ともよい一致がみられ、発光効率の向上及び光出力の増加が確認された。

【0044】図12(a)(b)は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子Sの断面構造と光出射領域157の近傍を示す図である。この半導体発光素子Sでは、電極パッド158から延出された表面電極159を光出射領域157内のキャップ層155上面において、井ゲタ状パターンに形成している。図13(a)はこの半導体発光素子Sの光出射領域157近傍における近視野像を示す図、図13(b)(c)は図12のX3-X3線及びY3-Y3線に沿った発光強度分布を示す図である。この近視野像の発光パターンから分かるように、半導体発光素子Sでは、光出射領域157の中央部からの出射光が表面電極159によって遮られないので、光出射領域157の中央部における発光強度が高くなると共に発光強度が均一化される。

【0045】この半導体発光素子Sでは、光出射領域157表面の周辺部から中央部をかすめて反対側の周辺部へ向かって形成された4本の帯状電極159aのみから効率的に電流を注入することができる。そのため、その近視野像は、従来構造の半導体発光素子Rよりも光出射

領域157に接する電極面積が大きくなるので、それだけ多くの電流を流すことができ、最大光出力も増加する。もちろん、従来構造では発光に寄与していなかった中央部も発光するようになるため、発光効率も高くなる。前記計算方法と同様にしてモデル計算した場合、この半導体発光素子Sでは、発光効率51%となり、最大光出力は23%増加することが見込まれ、実験結果ともほぼ一致した。

【0046】図14は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子Tを示す平面図である。この半導体発光素子Tでは、半導体チップ150上面に形成された絶縁層156の周囲に光出射領域157から離間させて棒状の電極パッド158を形成し、光出射領域157内に形成された円環パターン159bと電極パッド158から円環パターン159bへ延出された帯状パターン159cによって表面電極159を構成している。このような構造においても、光出射領域157の周辺部からの電流注入をできるだけ少なくして光出射領域157内部からの電流注入量をできるだけ大きくすることができる。しかも、光出射領域157の中心には表面電極159がないので、光出射領域157の中心からの光出射が表面電極159に妨げられることがない。図15(a)はこの半導体発光素子Tの光出射領域157近傍における近視野像を示す図、図15(b)(c)は図15(a)のX4-X4線及びY4-Y4線に沿った発光強度分布を示す図である。この発光パターンから分かるように、この半導体発光素子Tでは、中央部(特に、円環パターン159b内)における発光強度が高くなる。半導体発光素子Tを光学装置に应用する場合、レンズと半導体発光素子との結合効率を高めるためには光出射領域157の中心部ほどより強く発光した方が有利となる。

【0047】図16は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子Uを示す断面図及び平面図である。この半導体発光素子Uでは、光出射領域157から離間させて絶縁層156の周囲に形成された電極パッド158から、光出射領域157の中央に達しないように4本の帯状パターン159dを延出させて表面電極159を構成している。このような構造においても、光出射領域157の周辺部からの電流注入をできるだけ少なくして光出射領域157内部からの電流注入量をできるだけ大きくすることができる。しかも、光出射領域157の中心には表面電極159がないので、光出射領域157の中心からの光出射が表面電極159に妨げられることがない。図17(a)はこの半導体発光素子Uの光出射領域157近傍における近視野像を示す図、図17(b)(c)は図17(a)のX5-X5線及びY5-Y5線に沿った発光強度分布を示す図である。この発光パターンから分かるように、この半導体発光素子Uでは、中央部における発光強度が高くなると共にX5-X5方向及びY5-Y5方向でなだらかな発光強度分布が得られ

る。

【0048】また、この実施例は光出射領域157の内部が表面電極159によって分割されていない実施例として示したものである。表面電極159の形成方法としては、リフトオフ法を用いることが多いが、その際電極膜の除去部分がひとまとまりで、かつ大きいほどリフトオフにより除去しやすい。そのため、図16のような電極パターン形状であれば、リフトオフによって表面電極159を形成し易くなり、素子作製上有利となる。

【0049】図8~図17には光出射領域157の内部における電流注入量をより増加させるための電極パターンを説明したが、図18~図21にこれらの電極パターンを形成するための他のいくつかの半導体チップ150の構造を説明する。

【0050】図18に示す半導体発光素子V1では、上クラッド層154とキャップ層155との間に導電層164を形成してあり、この導電層164に一部領域を除いてイオン注入法によって高抵抗層165を設け、高抵抗層165の存在しない領域を光出射領域157として電流狭窄構造を実現している。また、電極パッド158や表面電極159はキャップ層155の上に設けられており、キャップ層155の電極パッド158や表面電極159から露出している領域はエッチング除去されている。このような構造の半導体チップ150では、電流を狭窄する部分が発光領域162により近くなるので、それだけ狭窄効果も高まり、発光効率も向上する。

【0051】図19に示す半導体発光素子V2では、上クラッド層154の上に上クラッド層154と逆導電型の電流阻止層166を設け、その上に上クラッド層154と同じ導電型の導電層167を形成し、その上にキャップ層155を設けている。そして、電流通路領域161及び光出射領域157とする領域に上クラッド層154と同じ導電型の不純物を拡散させることによって電流阻止層166の導電型を反転させている。しかして、この電流阻止層166の導電型を反転させた電流通路領域161を通してのみ活性層153に電流を注入させることができ、電流狭窄構造が実現されている。このような構造の半導体チップ150では、電流を狭窄する部分が発光領域162にさらに近くなるので、狭窄効果はさらに高くなり、発光効率も向上する。

【0052】図20に示す半導体発光素子V3では、下クラッド層152、活性層153及び上クラッド層154を一部残してメサ型にエッチングすることによって電流狭窄構造を実現している。このような構造の半導体チップ150では、もっとも電流狭窄効果が高く、それだけ発光効率も高くなる。

【0053】図21に示す半導体発光素子V4では、半導体基板151と下クラッド層152との間に多層反射膜168を形成している。多層反射膜168は、一般に異なる屈折率 n_1 、 n_2 の物質をそれぞれ $\beta_1 = \lambda_0 / (4$

n_2), $\beta_2 = \lambda_0 / (4n_2)$ の膜厚 (λ_0 は活性層 153 から出射される光の中心波長) で交互に積層して構成したものである。この時、多層反射膜 168 の物質内での波長が $4\beta_1 = 4\beta_2 = \lambda_0$ となる光をもっとも強く反射することができる。これにより活性層 153 の発光領域 162 で発光した光のうち、半導体基板 151 の方向へ進んだ光も多層反射膜 168 によって反射され、光出射領域 157 から外部へ放射されるので、発光効率が高くなり、光出力も増加する。

【0054】また、発光領域 162 で発光する光の波長成分には幅があるので、多層反射膜 168 での光反射を幅広い波長領域で行なうことが求められる。このような場合には、多層反射膜 168 の膜厚を各層毎に異ならせて $\beta_{11}, \beta_{12}, \beta_{13}, \dots; \beta_{21}, \beta_{22}, \beta_{23}, \dots$ とした場合、それぞれ $4\beta_{11}, 4\beta_{12}, 4\beta_{13}, \dots; 4\beta_{21}, 4\beta_{22}, 4\beta_{23}, \dots$ の各波長の光を最も強く反射するので、幅広い波長領域で光反射を行なうことができ、発光効率の向上という観点からみると有利である。

【0055】なお、図 8 以降の各実施例においては、発光領域 162 と表面電極 159 までの膜厚 (各層の総膜厚) を大きくするのが好ましい。この膜厚を大きくすると、表面電極 159 から注入された電流が発光領域 162 に達するまでの間に横方向へ広がる光成分が増加する。その結果、発光強度の面内均一性はさらに優れたものとなり、装置応用上有利となる。

【0056】なお、本発明は発光ダイオードに限らず、表面出射型の半導体レーザ素子にも適用することができる。

【0057】また、微小な発光領域を有する本発明による半導体発光素子を発光装置、光結合装置、光学検知装置、光学的情報処理装置、投光器などに応用した場合、そのコリメート性の良さ、集光性の良さ等から、機器の性能 (例えば、分解能) を飛躍的に向上させることができる。以下、上記半導体発光素子を用いた応用例について説明する。

【0058】図 22 (a) (b) (c) には発光装置の一例として投光器 E について説明する。この投光器 E は、本発明の半導体発光素子 61 を一方のリードフレーム 62 の上にダイボンディングすると共に他方のリードフレーム 63 にワイヤボンディングした状態で透明エポキシ樹脂等の封止樹脂 64 で所定形状に低圧注型して封止し、全体として角ブロック状の外形に構成されている。封止樹脂 64 の表面には多数の環状レンズ単位を同心状に配列したフレネル型平板状レンズ 65 が一体形成されると共に、表面の両側にはフレネル型平板状レンズ 65 と同じ高さ、あるいはフレネル型平板状レンズ 65 よりもやや高いアゴ部 66 を突設してあり、アゴ部 66 によってフレネル型平板状レンズ 65 を保護している。

【0059】この投光器 E の場合、半導体発光素子 61 は、高い発光効率で、しかも微小な発光領域を有するも

のであるから、フレネル型平板状レンズ 65 により光の指向特性が狭小化し、出力が強く、かつ細いビームが長距離においても得られる。例えば、フレネル型平板状レンズ 65 を焦点距離 $f = 4.5 \text{ mm}$ 、レンズ直径 3.5 mm とし、半導体発光素子 61 の光取り出し窓を直径 $20 \mu\text{m}$ にしたとき、 1 m の距離におけるビーム径は直径 4 mm 程度である。しかるに、従来より用いられている通常の発光ダイオード (すなわち、その光の出射面積が $350 \mu\text{m}$ 角程度のもの) では、直径 70 mm 程度まで広がってしまうので、本発明による半導体発光素子 61 を用いて投光器 E を作製することにより大きなメリットが得られる。

【0060】また、従来より用いられている投光器 F としては、図 23 に示すような構造のものがある。これは、ステム 71 から突出したヒートシンク 72 に半導体レーザ素子 73 及びフレネル型平板状レンズ 74 を取り付け、これらを金属キャップ 75 で覆ったキャンシール型のものであるが、このような従来の投光器 F と比較して本発明の投光器 E は構造が大幅に簡略化されており、コスト及び高体積の低減を図ることができる。

【0061】なお、ここでは投光ビームとして指向性の狭い平行光線を出射するものについて説明したが、フレネル型平板状レンズ 65 のパラメータを変えることにより、集光ビームや偏向ビームなどの投光器にも適用できることは自明である。

【0062】図 24 に示すものは光結合装置であって、具体的には、本発明に係る半導体発光装置 171 を光源として用いた平面配置型フォトカブラ W である。このフォトカブラ W は半導体発光素子 171 と半導体受光素子 172 がそれぞれリードフレーム 173、175 にダイボンディングされており、さらに別なリードフレーム 174、176 にワイヤボンディングされており、その状態で透明エポキシ樹脂 177 内に封止されている。また、透明エポキシ樹脂 177 の表面には反射膜 178 が形成されている。一般にフォトカブラは発光素子と受光素子が対面した形状のものが多いが、この平面配置型フォトカブラ W は発光素子 171 と受光素子 172 が同一平面上に配置されていることが特徴となっている。

【0063】このような平面配置型フォトカブラ W の場合、成形が簡単にできるので、作製が容易になるが、発光強度を大きくしないと高い結合効率を得られない点が問題である。このような形状のフォトカブラ W においては、従来の半導体発光素子を用いるよりも本発明に係る発光素子 171 を用いた方が高出力の発光が得られるので、高い結合効率を得ることができる。また、透明エポキシ樹脂 177 を楕円球形に成形し、発光素子 171、受光素子 172 を楕円球の各焦点にくるように配置すると、効率よくカップリングできるが、この際本発明による発光素子 171 を用いれば、発光径が小さいので、より高い結合効率を得ることができる。

【0064】図25に示すものは、スクリーンなどの上の映像等の位置を指示するためのハンディタイプのポインタ（投光器）Gである。このポインタGは、本発明による発光ダイオード（LED）81、コリメート用の投光レンズ82、動作回路83及びバッテリー84からなっており、半導体発光素子81から出射された光は投光レンズ82でコリメートされた後、スクリーン上に投射され、光スポットにより指示箇所を示す。

【0065】現在使用されているポインタは、半導体レーザー素子を用いたものがほとんどであるが、レーザー光を用いているため、出射レーザー光が周囲の人の目に入ると有害である。この危険性のため、レーザー規制等の問題が起きている。したがって、このような問題を解決するため、発光ダイオードを用いたLEDポインタなどが考えられている。しかし、従来の面発光型LED（発光径400 μ m）を用い、焦点距離 $f=10$ mm、レンズ径4mmの投光レンズでコリメートしたLEDポインタの場合、5m先のスクリーン上でのビーム径は200mmと大きく広がってしまい、ほとんど見えなくなってしまう。

【0066】これに対し、本発明によるLED81を用いたポインタGの場合には、発光径10 μ mのLED81と、焦点距離 $f=10$ mm、レンズ径4mmの同様な投光レンズ82を用いた場合、5m先のスクリーン上でもビーム径は5mmと小さく、見易いものとなる。したがって、本発明のLED81で光出力や指向性を向上させることにより、安全で見易いポインタGを製作することができる。

【0067】図26（a）に示すものは本発明による半導体発光素子95を用いた透過型光学式ロータリーエンコーダHを示す斜視図である。このロータリーエンコーダHは、回転軸91に取り付けられた回転板92、回転板92の外周部に対向した固定板93、回転板92及び固定板93を挟んで対向させられた投光レンズ94と本発明による半導体発光素子95及び受光素子96から構成されている。回転板92の外周部には全周にわたって1mmの間隔のスリット97が穿孔されており、固定板93にも1mmの間隔でトラックAスリット98及びトラックBスリット99が穿孔されている。

【0068】しかして、半導体発光素子95から出射された光は、投光レンズ94でコリメートされた後、固定板93のスリット98、99で分割され、回転板92のスリット97を通り、受光素子96で検知される。固定板93のトラックAスリット98とトラックBスリット99は電気位相角を90°ずらしてあり、A相信号・B相信号が共にオン（受光状態）になるときをスケールの1単位（1スリット）と数えることによりスケールを読むものである。また、図26（b）に示すようにA相からオンになるか、あるいはB相からオンになるかで回転方向を判別できるようになっている。

【0069】このロータリーエンコーダにおいて、例えば、従来の面発光型半導体発光素子（発光径400 μ m）を用い、焦点距離 $f=10$ mm、レンズ径4mmの投光レンズでコリメートしたとすると、そのコリメート性の悪さによって回転板上のビーム径は、固定板のスリット幅+約40 μ mに広がってしまう。したがって、600DPI（40 μ mピッチ）以上のスケールではスリット幅以上にビームが広がることとなり、スケールを読み取ることができず、高分解能化が不可能である。

【0070】これに対し、本発明による半導体発光素子95を用いたロータリーエンコーダHでは、半導体発光素子95の発光径を10 μ m以下に微小発光径化できるので、焦点距離 $f=10$ mm、レンズ径4mmの同様な投光レンズ94を用いてコリメートしたとしても、回転板92上のビーム径は、固定板93のスリット幅+約0.5 μ mにビームの広がりを抑えることができる。したがって、高分解能化が可能であり、600DPI（40 μ mピッチ）以上のスケールを読み取ることも可能になる。よって、本発明による半導体発光素子95をロータリーエンコーダHに用いることにより、特別な光学系を用いることなく、ロータリーエンコーダHの分解能を向上させることができる。

【0071】なお、上記実施例では、ロータリーエンコーダを説明したが、リニアエンコーダにおいて本発明による半導体発光素子を用いることによっても同様な効果を得ることができる。

【0072】図27は本発明による半導体発光素子101を用いた光学式距離センサJの構成を示す説明図である。この距離センサJは、本発明による半導体発光素子101及びコリメートレンズ102からなる投光部と、受光レンズ103及び位置検出素子104からなる受光部とから構成されている。

【0073】また、図27は当該距離センサJによって対象物105が有する凹凸の段差 d を計測する場合を表わしている。半導体発光素子101から出射された光はコリメートレンズ102で平行光化された後、対象物105上に照射されてビームスポット SP_1 、 SP_2 を生成し、それぞれビームスポット SP_1 、 SP_2 の反射像を位置検出素子104上に結像させる。これらの結像位置は、位置検出素子104の信号線106、107で得た信号比をもって検出でき、その位置ずれ量より三角測量の原理を用いて段差 d が算出される。

【0074】本発明による半導体発光素子101は、高出力で、かつ発光領域が制限されていて微小発光窓を有するものである。通常の発光ダイオードすなわちその光の出射面積が350 μ m角程度あるので、長距離の検出や高精度な検出は難しいが、このような距離センサJに本発明による半導体発光素子101を用いれば、長距離検出が可能で、しかもビームスポット径が小さく、分解能を向上させることができる。レーザーダイオードを用

いれば、長距離で高精度の検出が可能になるが、レーザー光線を用いるためにその安全面で問題がある。これに対し、本発明の半導体発光素子 101 のような構造の高出力、微小発光径の発光ダイオードを作製すれば、長距離でも検出可能で、しかもビームスポット径が小さく、分解能も高く、安全な素子を得ることができる。

【0075】図 28 は上記距離センサ J による段差 d の測定結果を示している。これは距離センサ J から 10 cm だけ離れた位置に高さが 2 mm と 5 mm の凸部及び 2 mm と 5 mm の凹部を有する対象物を位置させた場合の測定結果であり、段差 d に応じた特性曲線 108 が得られている。なお、特性曲線 108 において、イは 2 mm の凸部、ロは 5 mm の凸部、ハは 5 mm の凹部、ニは 2 mm の凹部に対応する箇所である。

【0076】図 29 は本発明による半導体レーザー素子 111 を用いたレーザービームプリンタ K を示す斜視図である。これは、半導体レーザー素子 111、投光側コリメートレンズ 112、回転多面鏡（ポリゴンミラー）113、回転多面鏡 113 を一定方向に一定速度で回転させるスキャナモータ 114、スキャナコントローラ 115、集光レンズ 116、感光体ドラム 117、水平同期用受光センサ 118 などから構成されている。

【0077】しかし、半導体レーザー素子 111 から出射された光は投光側コリメートレンズ 112 を通ってコリメート光となり、回転多面鏡 113 で反射されると共に水平方向にスキャンされ、集光レンズ 116 で感光体ドラム 117 上に集光され、感光体ドラム 117 上に潜像を生じさせる。

【0078】このようなレーザービームプリンタにおいて、例えば面発光型の従来の LED（発光径 400 μ m）を用い、焦点距離 $f = 15$ mm の集光レンズで 150 mm 先の感光体ドラム上に集光したとすると、その集光性の悪さのため、感光体ドラム上でのビーム径は 4.8 mm と大きくなり、400 DPI の印字密度仕様を満足できなかった。

【0079】これに対し、本発明による半導体レーザー素子 111 を用いたレーザービームプリンタ K にあっては、その発光径を 5 μ m 程度に微小化できるので、同一条件で集光させた場合でもビーム径を 60 μ m 以下に絞ることができる。

【0080】図 30 (a) は本発明による半導体発光素子 121 を用いたバーコードリーダ L を示す斜視図である。このバーコードリーダ L は、半導体発光素子 121、投光側集光レンズ 122、回転多面鏡 123、回転多面鏡 123 を一定方向に一定速度で回転させるスキャナモータ 124、等速走査レンズ 125、受光側集光レンズ 126、受光素子 127 から構成されている。

【0081】しかし、半導体発光素子 121 から出射された光は投光側集光レンズ 122 を通り、回転多面鏡

123 で反射されると共に水平方向にスキャンされ、等速走査レンズ 125 で等速化された後、バーコード 128 上で集光され、バーコード 128 上を走査される。さらに、バーコード 128 からの反射光は、受光側集光レンズ 126 により受光素子 127 上に集光されて検知され、バーコード信号 BS が得られる。このバーコードリーダ L においては、等速走査レンズ 125 により光ビームの走査速度が等速化されているので、横軸に時間を取り、縦軸に検知信号（バーコード信号 BS）をとると、図 30 (b) に示すようにバーコード 128 に応じた信号 BS が得られる。

【0082】このようなバーコードリーダにおいて、例えば面発光型の従来の LED（発光径 400 μ m）を用い、焦点距離 $f = 15$ mm の集光レンズで 250 mm 先のバーコード上に集光したとすると、その集光性の悪さのため、バーコード上でのビーム径は約 6.7 mm 以上に大きくなり、バーコード（一般的に、最小線幅は 0.2 mm）は到底読み取ることができない。

【0083】これに対し、本発明による半導体発光素子 121 を用いたバーコードリーダ L にあっては、その発光径を 10 μ m 以下に微小発光径化できるので、同一条件で集光させた場合でもバーコード 128 上のビーム径をバーコード 128 の最小線幅以下（0.2 mm 弱）まで絞ることができ、バーコード 128 を読み取ることができる。

【0084】図 31 (a) ~ (g) は、それぞれ、本発明による半導体発光素子 131 と光ファイバ 132 とからなる光ファイバモジュール M1 ~ M7 を示す概略図である。図 31 (a) は、半導体発光素子 131 の発光領域に光ファイバ 132 の端面を対向させ、半導体発光素子 131 から出射された光が光ファイバ 132 の端面からコア内に入射し、光ファイバ 132 内を伝送されるようになった直接結合方式の光ファイバモジュール M1 である。また、図 31 (b) は、半導体発光素子 131 と光ファイバ 132 の端面とを近接させ、半導体発光素子 131 と光ファイバ 132 の端面との間に光学樹脂 133 を充填した直接結合方式の光ファイバモジュール M2 である。また、図 31 (c) (d) (e) は、半導体発光素子 131 と光ファイバ 132 の端面との間に集束用光学系を置き、半導体発光素子 131 から出た光が集束用光学系で集束させられて光ファイバ 132 内に効率的に入射するようにした個別レンズ結合方式の光ファイバモジュール M3 ~ M5 であって、集束用光学系として図 31 (c) の光ファイバモジュール M3 では集束用ロッドレンズ 134 を用い、図 31 (d) の光ファイバモジュール M4 では樹脂 135 で固定された球レンズ 136 を用い、図 31 (e) の光ファイバモジュール M5 では集束用ロッドレンズ 134 及び球レンズ 136 を用いている。また、図 31 (f) (g) の光ファイバモジュール M6, M7 は、先端にレンズ機能をもつ球状部 137

を設けた光ファイバ（先球ファイバ）132を半導体発光素子131に対向させたファイバレンズ結合方式のものである。

【0085】このような光ファイバモジュールにおいては、半導体発光素子と光ファイバとの結合効率は、半導体発光素子の発光径に強く依存している。図32は直接結合方式及びレンズ結合方式の数種の光ファイバモジュールにおける結合効率の理論限界値 α_c を示す図である（光学図書「光通信素子工学」米津宏雄 著）。この図に表わされているように、半導体発光素子の発光径D、

10 が小さければ小さいほど、結合効率が高くなることが一般に知られている。したがって、光ファイバモジュールの結合効率を高くするためには、半導体発光素子の発光径を小さくすることが非常に有効である。

【0086】しかし、従来のLED等の半導体発光素子では、発光径を小さくすると素子抵抗が上昇し、発熱が激しくなって大きな光出力が得られなかった。

【0087】これに対し、本発明による微小発光径の半導体発光素子（特に、LED）131では、発光径を小

20 さくしていても素子抵抗の上昇を低く抑えることができるので、光出力の低下を小さくすることができる。したがって、光出力の低下を招くことなく高い結合効率を得ることが可能になる。特に、本発明の半導体発光素子131は、活性層46にAlGaInP系の材料を用いているため、プラスチックファイバの伝送損失が最小となる660nmあたりでも高い発光効率を得ることができ、プラスチックファイバを用いた光ファイバ通信システムにおいて低損失でSN比の高いシステムを構成することができる。

【0088】図33（a）は本発明による半導体発光素子141を用いた光ファイバ型センサNを示す概略図である。この光ファイバ型センサNは、半導体発光素子141、投光用光ファイバ142、受光用光ファイバ143、受光素子144及び処理回路145より構成されている。

【0089】しかして、半導体発光素子141から出射された光は投光用光ファイバ142内を低損失で送られ、光ファイバ142の端面から対象物146に向けて出射される。対象物146で反射された光は受光用光ファイバ143内に入射し、受光素子144で検知される。こうして受光素子144で検知される受光信号の出力は、投受光用光ファイバ142、143の端面と対象物146との距離Sによって図33（b）のように変化するので、受光出力から対象物146までの距離Sを知ることができる。このようなセンサにおいては、受光信号が検出可能なレベルまで低下したときの距離が検知可能距離となる。したがって、本発明による半導体発光素子141を用いると、微小発光径の光を出射することが

させ、検知物145までの距離Sを長くとっても十分な検知信号を得ることができ、検知可能距離を長くすることができる。

【0090】

【発明の効果】本発明によれば、微小発光径の半導体発光素子において、光取り出し窓の周囲の電極からだけでなく、光取り出し窓内の電極からも発光層へ電流を注入することができるので、発光層の光取り出し窓と対向する領域で均一に発光させることができ、光取り出し窓の中央付近においても光出力の落ち込みがなく、均一な発光パターンが得られ、発光効率を向上させることができる。

【0091】さらに、電極面積の増加に伴い、順方向電圧を低減することができ、光出力飽和電流を増加させることができ、その結果、全光出力を増加させることができる。

【0092】また、発光層の光取り出し窓と反対側に発光波長の $1/(4n)$ の膜厚の薄膜からなる多層膜を形成しておけば、発光層から光出射窓と反対側へ出射された光を多層膜で反射させて光取り出し窓から外部へ取り出すことができ、発光効率をより向上させることができる。

【0093】さらに、発光層の光取り出し窓と反対側に発光波長の $1/(4n)$ よりも薄い膜厚の薄膜を含む多層膜を形成すれば、発光層から光出射窓と反対側へ斜め方向に出射された光も多層膜で反射させることができ、この反射光を光取り出し窓から外部へ取り出して発光効率をより向上させることができる。

【0094】さらに、本発明の半導体発光素子は、微小発光径を有し、光出力も大きくすることができるので、光学検知装置や光学的情報処理装置、投光器、光ファイバモジュールに用いることにより、分解能等の光学的性能の良好な各種光学装置を製作することができる。

【0095】また、光出射領域全体に隈無く電流を注入できるよう、光出射領域の上部表面の周辺部全体に電極を形成せず、例えば周辺部から光出射領域の中央部に向かって幅の狭い帯状の電極を形成することにより、光出射領域全体が発光に寄与できるようになる。その結果、発光効率は高くなる。電極の形状によっては、発光効率が高くなるばかりでなく、最大光出力も高くなる。

【0096】さらに、電極部分の直下での発光は外部へ取り出せなくなるので、電極形成の際、光出射領域の中心部には電極を形成しない方がレンズ結合効率が高くなり、光学装置応用上有利となる。

【0097】また、電極で光出射領域を分離しないような形状の方が、電極形成時に必要となるリフトオフ工程での歩留りが高くなる。電流狭窄構造の作製方法としては、絶縁膜による方法が一般的であるが、ほかにイオン注入によって素子内部に高抵抗層を形成する方法、拡散により電流通路領域を形成する方法、素子表面をエツ

チングする方法などがあり、それぞれより高い発光効率を期待できる。

【0098】また、このような半導体発光素子を光学検知装置に用いると、発光径が小さく、かつ発光出力が大きいので、複雑な光学系を用いることなく検出精度に優れしかも安全な光学検知装置を得ることができる。光学的情報処理装置においても、同様な効果が得られる。光結合装置に用いた場合には、高い変換効率の装置を得ることができる。発光装置に用いた場合には、狭ビームで高出力の装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a) (b) は従来例の半導体発光素子を示す断面図及び一部破断した拡大平面図である。

【図2】(a) (b) は本発明の一実施例による半導体発光素子を示す断面図及び一部破断した拡大平面図である。

【図3】(a) は従来の半導体発光素子における注入電流と光出力との関係を示す図である。(b) は本発明による半導体発光素子における注入電流と光出力との関係を示す図である。

【図4】(a) (b) (c) (d) (e) (f) は光取り出し窓の種々のパターンを示す図である。

【図5】本発明の別な実施例による半導体発光素子の断面図である。

【図6】本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子の断面図である。

【図7】本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子の多層反射膜の反射スペクトルを示す図である。

【図8】(a) (b) は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子の構造を示す断面図と光取り出し窓近傍を示す平面図である。

【図9】(a) は上記半導体発光素子の光取り出し窓近傍における近視野像を示す図、(b) (c) は(a)のX1-X1線及びY1-Y1線に沿った発光強度を示す図である。

【図10】(a) (b) は従来例による半導体発光素子の構造を示す断面図と光取り出し窓近傍を示す平面図である。

【図11】(a) は上記従来例の光取り出し窓近傍における近視野像を示す図、(b) (c) は(a)のX2-X2線及びY2-Y2線に沿った発光強度を示す図である。

【図12】(a) (b) は本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子の構造を示す断面図と光取り出し窓近傍を示す平面図である。

【図13】(a) は上記半導体発光素子の光取り出し窓近傍における近視野像を示す図、(b) (c) は(a)のX3-X3線及びY3-Y3線に沿った発光強度を示す図である。

【図14】本発明のさらに別な実施例による半導体発光

素子の構造を示す平面図である。

【図15】(a) は上記半導体発光素子の光取り出し窓近傍における近視野像を示す図、(b) (c) は(a)のX4-X4線及びY4-Y4線に沿った発光強度を示す図である。

【図16】本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子の構造を示す平面図である。

【図17】(a) は上記半導体発光素子の光取り出し窓近傍における近視野像を示す図、(b) (c) は(a)のX5-X5線及びY5-Y5線に沿った発光強度を示す図である。

【図18】図8～図17の各実施例に適用することができる半導体チップの別な構造を示す断面図である。

【図19】図8～図17の各実施例に適用することができる半導体チップのさらに別な構造を示す断面図である。

【図20】図8～図17の各実施例に適用することができる半導体チップのさらに別な構造を示す断面図である。

【図21】図8～図17の各実施例に適用することができる半導体チップのさらに別な構造を示す断面図である。

【図22】(a) (b) (c) は本発明による半導体発光素子を用いた投光器を示す斜視図、水平断面図及び側断面図である。

【図23】従来の投光器を示す一部破断した斜視図である。

【図24】本発明による半導体発光素子を用いた平面配置型フォトカブラを示す断面図である。

【図25】本発明による半導体発光素子を用いたポインタを示す断面図である。

【図26】(a) は本発明による半導体発光素子を用いたロータリーエンコーダを示す斜視図、(b) は当該エンコーダのA相信号とB相信号を示す波形図である。

【図27】本発明による半導体発光素子を用いた距離センサの構成を示す概略図である。

【図28】同上の距離センサによる測定結果の一例を示す図である。

【図29】本発明による半導体発光素子を用いたレーザービームプリンタを示す斜視図である。

【図30】(a) は本発明による半導体発光素子を用いたバーコードリーダを示す斜視図、(b) はバーコードリーダによる検知信号を示す図である。

【図31】(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) は、それぞれ、本発明による各種光ファイバモジュールを示す概略図である。

【図32】直接結合方式及びレンズ結合方式の光ファイバモジュールにおける結合効率の理論限界値を示す図である。

【図33】(a) は光ファイバ型センサの構成を示す概

略図、(b)は対象物の距離による受光出力の変化を示す図である。

【符号の説明】

- 21 GaAs基板
- 23 活性層
- 28 光取り出し窓
- 29 反転層
- 30 電流通路領域
- 32 p側電極
- 31 開口

*32a、32b 電極部分

35 メサ部

41 GaAs基板

44 多層反射膜層

46 活性層

48 電流ブロック層

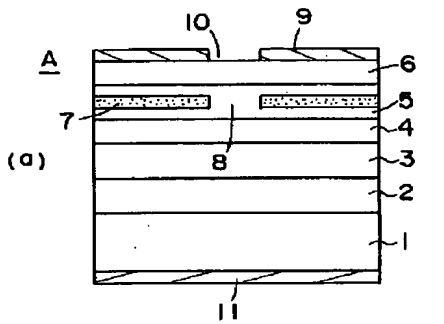
50 電流通路領域

157 光出射領域

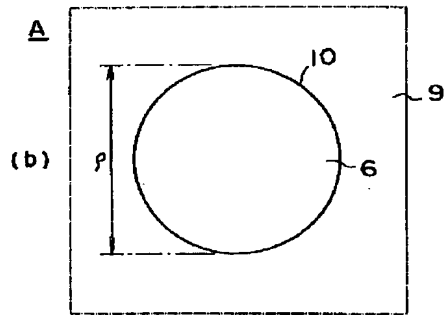
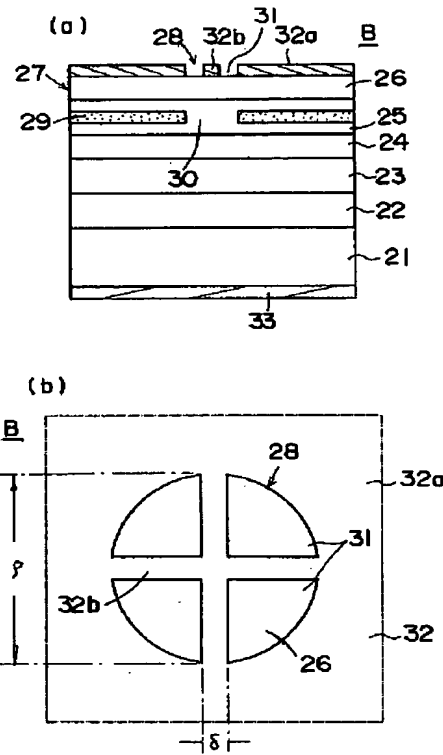
158 電極パッド

*10 159 表面電極

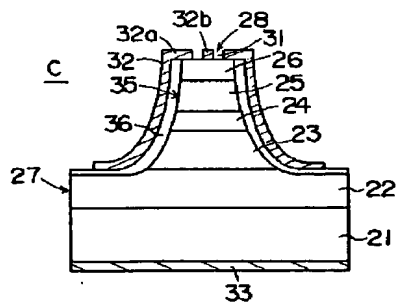
【図1】



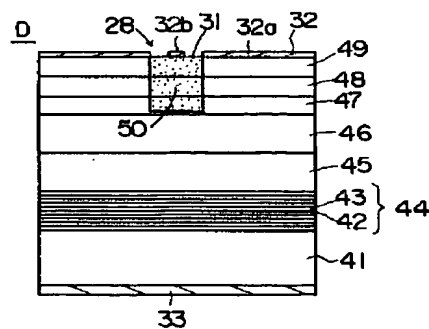
【図2】



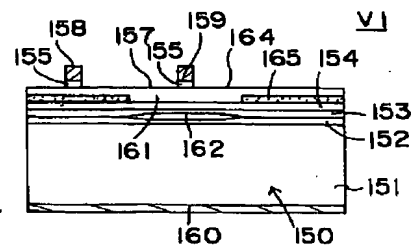
【図5】



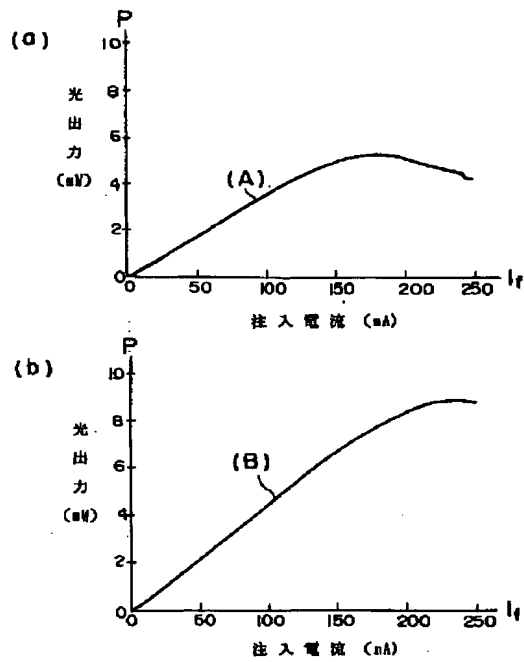
【図6】



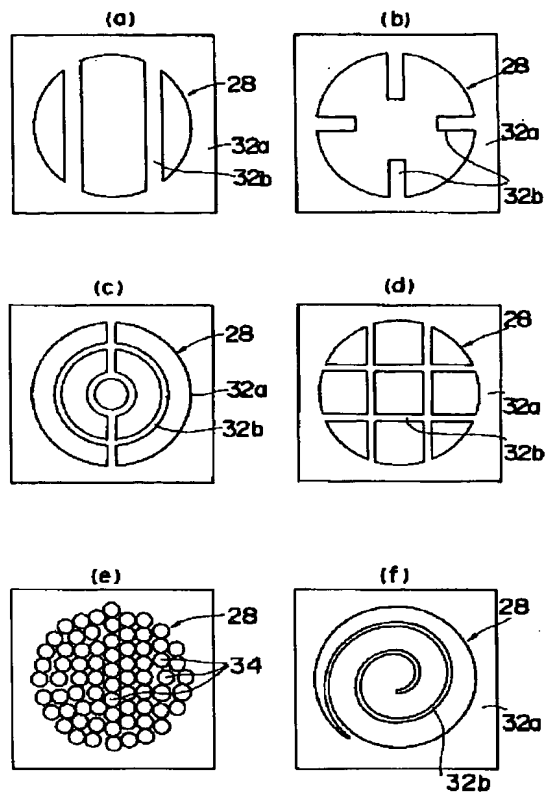
【図18】



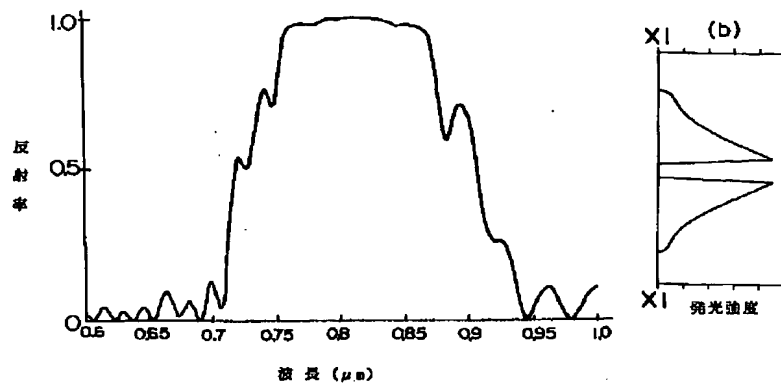
【図3】



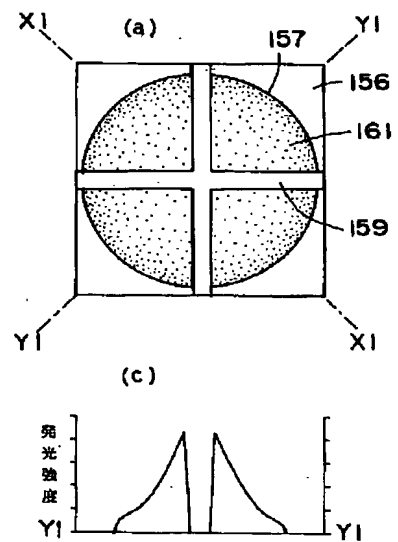
【図4】



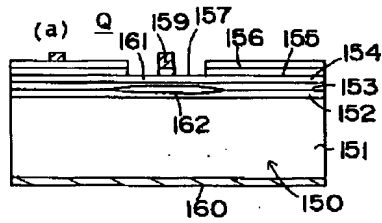
【図7】



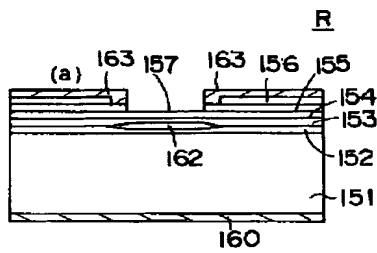
【図9】



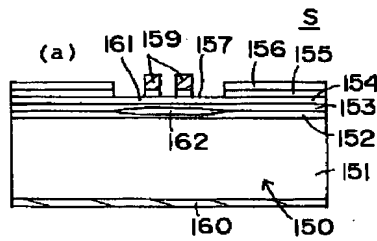
【図8】



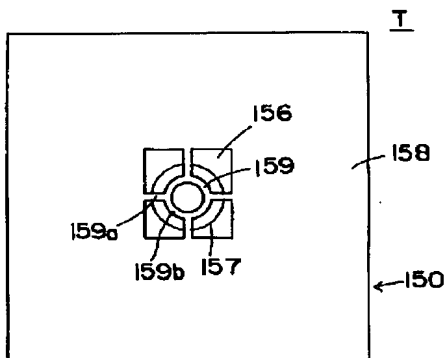
【図10】



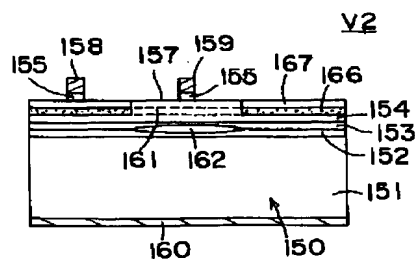
【図12】



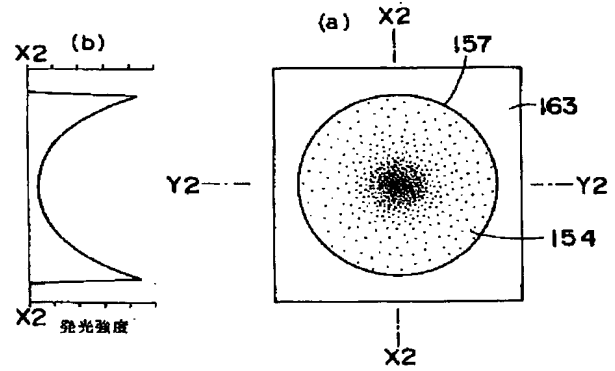
【図14】



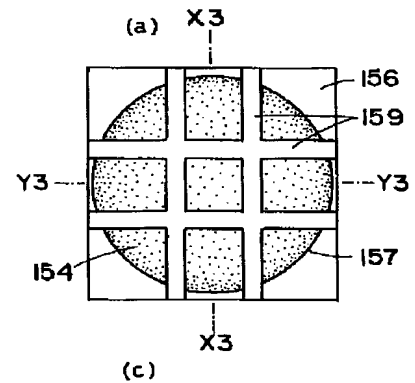
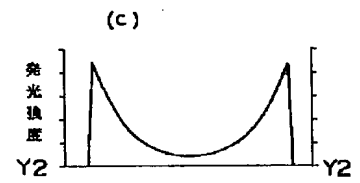
【図19】



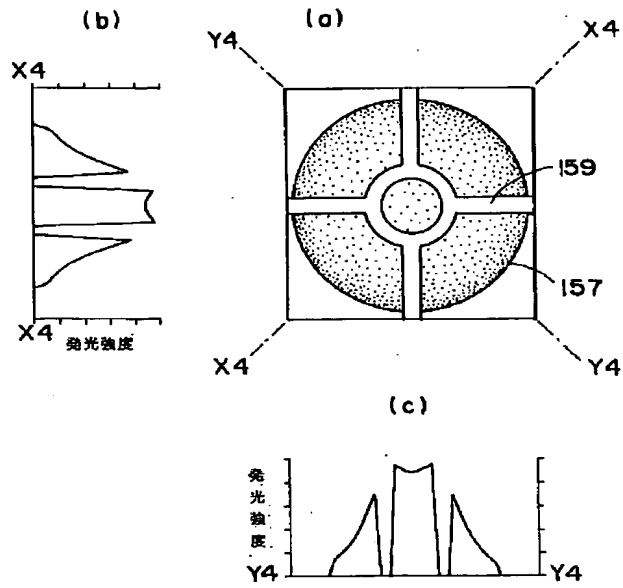
【図11】



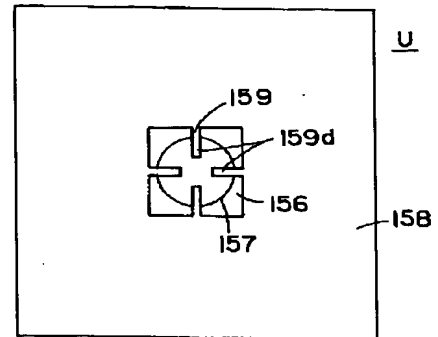
【図13】



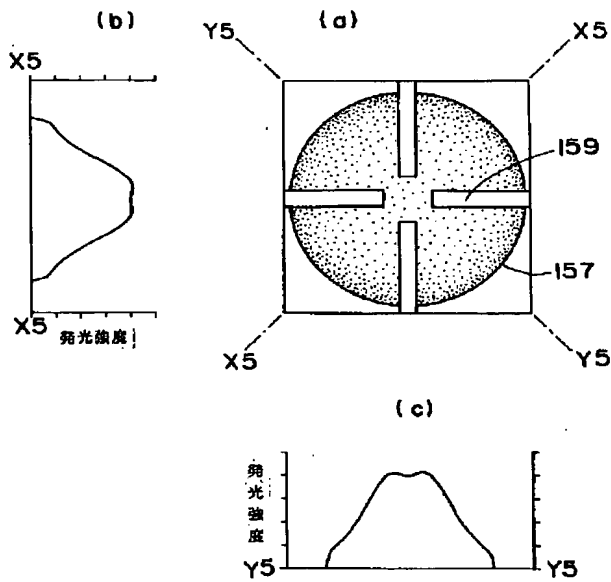
【図15】



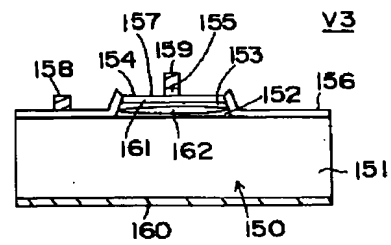
【図16】



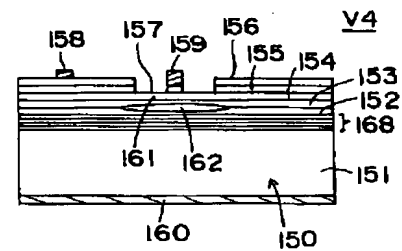
【図17】



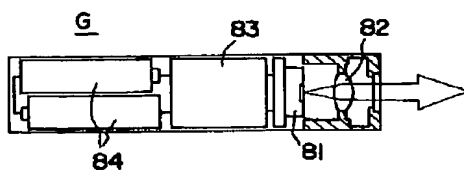
【図20】



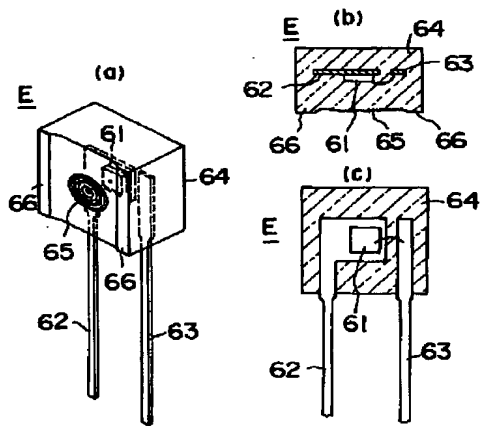
【図21】



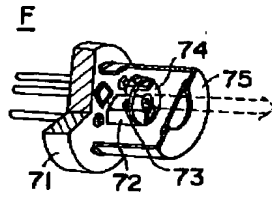
【図25】



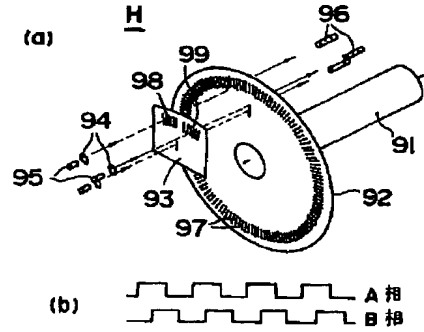
【図22】



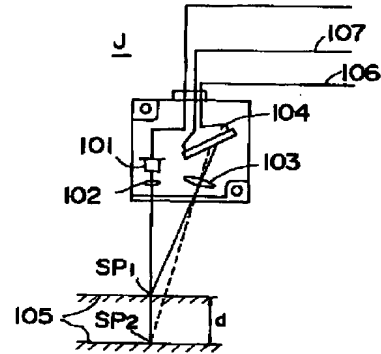
【図23】



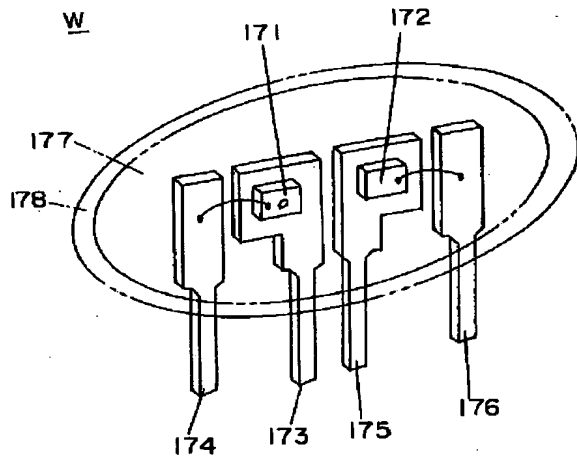
【図26】



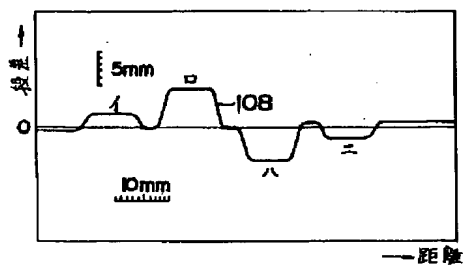
【図27】



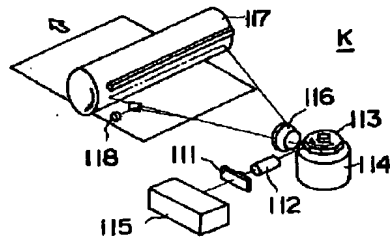
【図24】



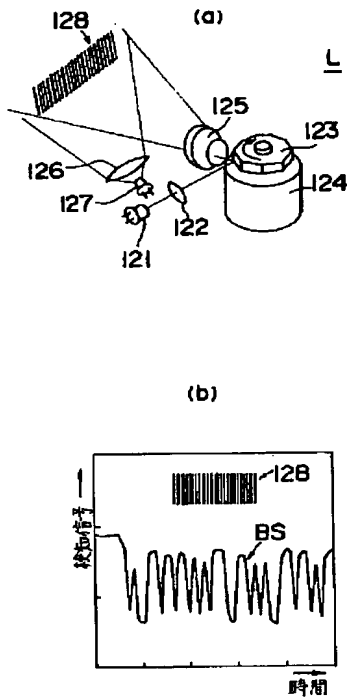
【図28】



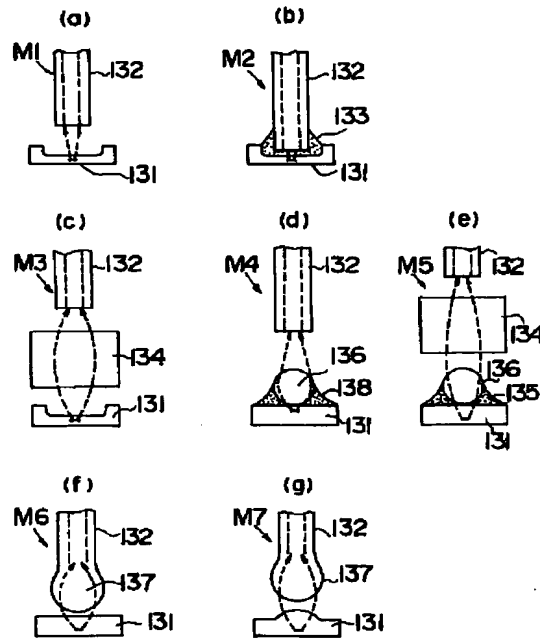
【図29】



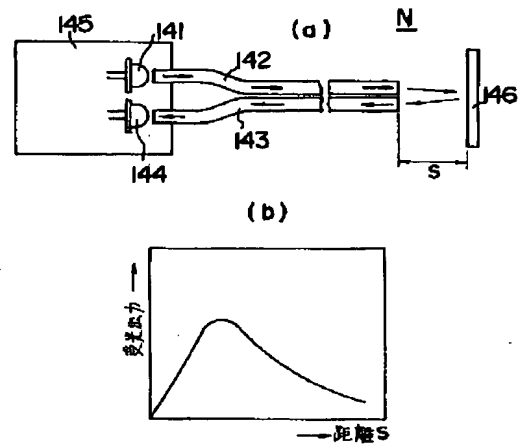
【図30】



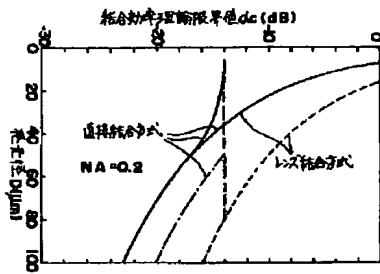
【図31】



【図33】



【図32】



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 13 年 4 月 6 日 (2001. 4. 6)

【公開番号】特開平 7-176787
 【公開日】平成 7 年 7 月 14 日 (1995. 7. 14)
 【年通号数】公開特許公報 7-1768
 【出願番号】特願平 6-60330
 【国際特許分類第 7 版】

H01L 33/00
 31/12
 H04B 10/28
 10/02

【F I】

H01L 33/00 A
 31/12 A
 H04B 9/00 W

【手続補正書】

【提出日】平成 12 年 3 月 17 日 (2000. 3. 17)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 半導体発光素子

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面出射型半導体発光素子において、
 光取り出し窓を、光取り出し窓よりも小さな面積の複数個のドット光取り出し口によって構成したことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 光取り出し窓の直下にのみ前記電流が流れるように電流通路領域を形成し、電流狭窄構造としたことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記半導体チップが、発光層の光取り出し窓と反対側に屈折率が発光層よりも小さなヘテロ接合からなる多層膜を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記多層膜が、
 $d \leq \lambda_0 / (4n)$

但し、 λ_0 は発光波長、 n は各薄膜の屈折率

の膜厚 d の複数種類の薄膜を有する光波干渉型反射層からなることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 発光層の一部にのみ電流を注入して発光させるための電流通路領域を半導体チップ内に形成して電流狭窄構造とし、当該電流通路領域を通じて発光層へ電流を注入するための電極を半導体チップの表面に設けた表面出射型半導体発光素子において、
 前記半導体チップ表面の光出射領域内に部分的に前記電極が形成され、光出射領域外に前記電極の形成されていない領域が存在していることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 6】 前記半導体チップ表面の前記電極が、前記光出射領域外から光出射領域の中央部に向けて延びた少なくとも 1 本の電極パターンによって形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記半導体チップが、発光層の光取り出し側と反対側に反射多層膜を有することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記反射多層膜を構成する各薄膜が、複数種類の膜厚から構成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体発光素子。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信または光情報処理等の分野で重要である高出力、微小発光面積の表面出射型（面発光型）半導体発光素子に関する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、光取り出し窓の中央部における電流注入量を増加させて光出力の低下をなくし、微小な発光面積ながら、外部量子効率が高い半導体発光素子を実現することにある。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】削除

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】削除

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の第 1 の半導体発光素子は、発光層を含む半導体チップの表面に光取り出し窓を有し、発光層へ電流を注入するための電極を前記光取り出し窓の周囲に有する微小発光径の表面出射型半導体発光素子において、光取り出し窓を、光取り出し窓よりも小さな面積の複数のドット光取り出し口によって構成したことを特徴としている。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】本発明の第 2 の半導体発光素子は、発光層の一部にのみ電流を注入して発光させるための電流通路領域を半導体チップ内に形成して電流狭窄構造とし、当該電流通路領域を通じて発光層へ電流を注入するための電極を半導体チップの表面に設けた表面出射型半導体発光素子において、前記半導体チップ表面の光出射領域内に部分的に前記電極が形成され、光出射領域外に前記電極の形成されていない領域が存在していることを特徴としている。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】また、上記第 2 の半導体発光素子においては、前記電流狭窄構造をイオン打ち込み法によって形成してもよく、前記電流通路領域を不純物拡散法によって形成することによって電流狭窄構造を構成してもよい。さらに、半導体チップの光出射領域の周囲下方をエッチングによって除去し、光出射領域の直下にのみ電流が流れる電流狭窄構造を形成してもよい。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】また、第 2 の半導体発光素子においては、前記半導体チップが、発光層の光取り出し側と反対側に反射多層膜を有していてもよい。その場合、反射多層膜を構成する各薄膜が、複数種類の膜厚から構成されていてもよい。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】削除

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】

【作用】本発明の第 1 の半導体発光素子にあっては、微小発光径の表面出射型半導体発光素子、特に電流狭窄構造を有する半導体発光素子において、光取り出し窓を複数のドット光取り出し口によって構成したりしているので、光取り出し窓の周囲の電極からだけでなく、光取り出し窓の電極からも発光層へ電流を注入することができる。従って、発光層の光取り出し窓と対向する領域で均一に発光させることができ、光取り出し窓の中央付近においても光出力の落ち込みがなく、均一な発光パターンが得られ、発光効率が向上する。

【手続補正 13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】また、本発明の第 2 の半導体発光素子にあっては、電流狭窄構造を有する半導体発光素子において、前記半導体チップ表面の光出射領域内に部分的に前記電極が形成されているから、光出射領域内の電極から発光層へ限無く均一に電流を注入させることができ、光出射領域の中央付近においても光出力の落ち込みがなく、均一な発光パターンが得られ、発光効率が向上する。また、電極の形状によっては、発光効率が高くなる

ばかりでなく、最大光出力も高くなる。しかも、光出射領域外に前記電極の形成されていない領域が存在しているから、光出射領域の外周部からの注入電流を少なくすることができ、それだけ光出射領域内の電極からの注入電流量が増加する。従って、光出射領域における発光効率が向上すると共に最大光出力が大きくなり、リング発光も解消することができる。このためには、例えば、光出射領域外から光出射領域の中央部に向けて延びた少なくとも 1 本の電極パターンによって電極を形成すればよ

い。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 4

【補正方法】削除

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 8

【補正方法】削除